

# **PENGARUH VARIASI JUMLAH LAPIS DAN JARAK ANTARLAPIS VERTIKAL GEOTEKSTIL TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PEMODELAN LERENG PASIR KEPADATAN 74%**

**Wida Rizky Utama, As'ad Munawir, Harimurti**  
**Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang**  
**Jalan MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia**  
**Email: widahutama@gmail.com**

## **ABSTRAK**

Perletakkan sebuah pondasi di atas atau di dekat tanah lereng akan menyebabkan zona plastis pada sisi lereng relatif lebih kecil dibandingkan dengan penempatan pondasi yang sama pada tanah yang datar. Hal ini mengakibatkan daya dukung dari pondasi tersebut secara langsung berkurang, sehingga perlu adanya perkuatan lereng berupa geotekstil untuk meningkatkan nilai daya dukung. Analisa perkuatan dilakukan pada tanah pasir dengan kepadatan 74% dengan variasi jumlah lapisan hingga 3 lapis dan variasi jarak antarlapis vertikal 0,15H, 0,18H, dan 0,21H. dari analisis hasil pengujian didapatkan semakin banyak jumlah lapis perkuatan dan semakin rapat jarak antarlapis vertikal geotekstil akan semakin meningkatkan nilai daya dukung lereng, hal ini dibuktikan dari hasil nilai  $BCI_{(u)}$  sebesar 2,695.

Kata kunci: perkuatan, daya dukung, BCI

## **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara yang memiliki daerah geografis pegunungan yang memiliki potensi yang besar untuk sektor pariwisata. Dengan berkembangnya pariwisata menyebabkan banyaknya bangunan untuk villa, hotel dan lain-lain terutama di daerah dataran tinggi yang rawan terjadi longsor. Hal ini menyebabkan kebutuhan lahan semakin tinggi, tetapi berbanding terbalik dengan ketersediaan lahan datar untuk pembangunan. Karena keterbatasan lahan ini sehingga banyak pembangunan di daerah dataran tinggi yang dibangun di atas tanah lereng. Oleh karena itu banyak penelitian-penelitian yang dilakukan pada lereng untuk mengetahui parameter keamanan dari kemiringan tanah lereng tersebut untuk menentukan perletakan pondasi pada suatu bangunan.

## **TUJUAN**

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan geotekstil terhadap daya

dukung pondasi pada tanah lereng, serta untuk mengetahui jumlah lapis perkuatan dan jarak antarlapis vertikal perkuatan geotekstil yang menunjukkan hasil maksimum untuk meningkatkan daya dukung pondasi pada tanah lereng. Penelitian ini dilakukan pada pemodelan lereng yang menggunakan pasir dengan perkuatan geotekstil yang memiliki kadar air dan kepadatan yang telah ditetapkan yaitu 74%.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Perkuatan Geotekstil**

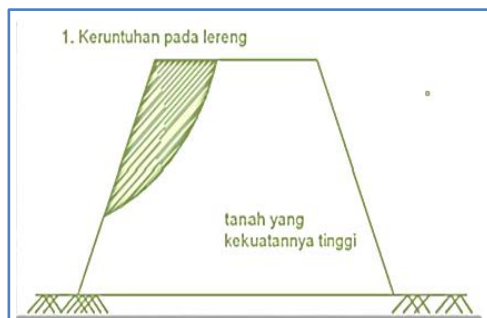
Geotekstil merupakan bagian dari geosintetik yang berupa bahan sintesis menyerupai bahan tekstil berupa lembaran serat buatan (*Syntetic fibres*) tenunan anti ultraviolet yang dibuat untuk menanggulangi masalah pembuatan jalan, timbunan tanah, pondasi dan sebagainya pada tanah lunak atau pasir lepas. Dalam penelitian ini digunakan geotekstil jenis *woven*. Dalam struktur yang

berkaitan dengan tanah, geotekstil mempunyai 4 fungsi utama yaitu:

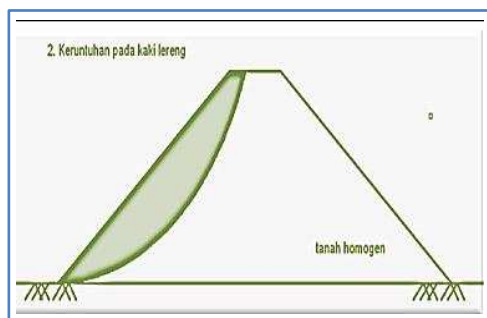
- a. Filtrasi dan drainase
- b. Proteksi (*erotion control*)
- c. Separator
- d. Perkuatan (*reinforcement*)

### Pola Keruntuhan Pada Lereng

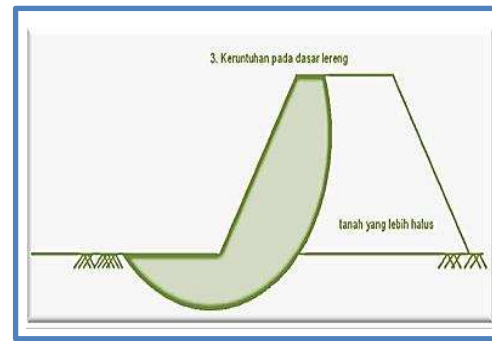
Pengamatan longsor atau keruntuhan pada lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Adapun tipe keruntuhan normal pada lereng adalah sebagai berikut :



**Gambar 1** Keruntuhan Pada Lereng (*Slope Failure*)



**Gambar 2** Keruntuhan Pada Kaki Lereng (*Toe Failure*)



**Gambar 3** Keruntuhan Dibawah Kaki Lereng (*Base Failure*)

Keruntuhan pada lereng terjadi karena sudut lereng sangat besar dan tanah yang dekat dengan kaki lereng tersebut memiliki kekuatan yang tinggi. Secara umum, longsor pada lereng disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Bertambahnya tegangan yang bekerja.
2. Berkurangnya kuat geser material.

### Daya Dukung

Analisis daya dukung (*bearing capacity*) mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. Analisis-analisis daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan yang bersifat plastis. Konsep ini pertama kali dikenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955) dan lainnya (*Hardiyatmo, H.C., 2011:110-111*).

## Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal di Atas Lereng Tanpa Perkuatan.

### Solusi Meyerhof

Adapun daya dukung batas dari pondasi tersebut dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_u = cN_{cq} + \frac{1}{2}\gamma BN_{\gamma q}$$

Untuk tanah pasir, Meyerhof menyatakan daya dukung pondasi menerus di atas lereng dengan persamaan:

$$q_u = \frac{1}{2}\gamma BN_{\gamma q}$$

### Solusi Hansen dan Vesic

Untuk kondisi  $b = 0$  (pondasi tepat berada di tepi lereng), Hansen menyatakan daya dukung batas dari pondasi menerus tersebut dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_u = cN_c\lambda_{c\beta} + qN_q\lambda_{q\beta} + \frac{1}{2}\gamma BN_{\gamma}\lambda_{\gamma\beta}$$

dimana,

$N_c$  ,  $N_q$  ,  $N_{\gamma}$  =Faktor-faktor daya dukung Hansen

$\lambda_{c\beta}, \lambda_{q\beta}, \lambda_{\gamma\beta}$  =Faktor-faktor lereng

$$q = \gamma D_f$$

Menurut Hansen,

$$\lambda_{q\beta} = \lambda_{\gamma\beta} = (1 - \tan\beta)^2$$

$$\text{Untuk } \phi > 0, \lambda_{c\beta} = \frac{N_q\lambda_{q\beta}^{-1}}{N_q - 1}$$

$$\text{Untuk } \phi = 0, \lambda_{c\beta} = 1 - \frac{2\beta}{\pi + 2}$$

Pada kondisi  $\phi = 0$ , Vesic menyatakan nilai  $N_{\gamma}$  sebagai berikut:

$$N_{\gamma} = -2\sin\beta$$

Selanjutnya, ia menyatakan pada kondisi  $\phi = 0$  dengan  $N_c = 5,14$  dan  $N_q = 1$  persamaan daya dukung menjadi sebagai berikut:

$$q_u = (5,14 - 2\beta)c + \gamma D_f(1 - \tan\beta)^2 - \gamma\beta\sin\beta(1 - \tan\beta)^2$$

### Metode Shields (1990)

*Shields* bersama dengan peneliti lainnya telah mencoba melakukan penelitian terhadap faktor daya dukung  $N_{\gamma q}$  untuk sebuah pondasi pada lereng yang memiliki sudut geser yang rendah. Pada penelitian yang dilakukan oleh *Shields* ia menggunakan pemodelan *box* pasir berukuran besar dengan panjang 15 m dan lebar 2 m dan tinggi 2,2 m. Sebuah lereng dengan perbandingan H : V yaitu 2 : 1 dipilih sebagai pemodelan karena dianggap ukuran tersebut adalah uluran standar dari sebuah lereng, lereng dibuat dengan faktor-faktor penentu yang ada. Dari percobaan tersebut *Shields* melaporkan prosentase daya dukung tanah datar yang ia temukan dengan menggunakan persamaan *Gemperline* untuk menghitung nilai  $N_{\gamma q}$  dan menggunakan persamaan daya dukung Meyerhof untuk tanah datar.

Adapun persamaan *Gemperline* adalah sebagai berikut :

$$N_{\gamma q} = f_{\phi} \times f_{\beta} \times f_{DB} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/B, B/L}$$

Dengan :

$\phi$  : sudut geser dalam tanah ( $^{\circ}$ )

$\beta$  : sudut kemiringan lereng ( $^{\circ}$ )

B : lebar pondasi (inchi)

D : kedalaman pondasi (inchi)

L : panjang pondasi (inchi)

b : jarak pondasi ke puncak lereng (inchi)

$$f_{\phi} : 10^{(0,1159\phi - 2,386)}$$

$$f_{\beta} : 10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$$

$$f_{D/B} : 1 + 0,65 (D/B)$$

$$f_{B/L} : 1 - 0,27 (B/L)$$

$$f_{D/B, B/L} : 1 + 0,39 (D/L)$$

$$f_{\beta, b/B} : 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan\beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan\beta]\}$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} : 1 + 0,6 (B/L) [1 - (1 - \tan\beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan\beta]\}$$

$$f_{\beta, b/B, B/L} : 1 + 0,33(D/B) \tan\beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan\beta]\}$$

(Sumber : *Das, B.M. 2009: 155-156*)

### **Bearing Capacity Improvement (BCI)**

*Bearing Capacity Improvement* dapat ditentukan berdasarkan 2 hal, yaitu daya dukung pada titik ultimate dan daya dukung pada level penurunan yang sama. *Bearing Capacity Improvement* adalah rasio antara daya dukung dengan perkuatan terhadap daya dukung tanpa perkuatan. Penambahan nilai *Bearing Capacity Improvement* menunjukkan bahwa daya dukung lereng telah bertambah setelah menggunakan perkuatan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Pengujian Dasar**

Analisis dilakukan pada tanah pasir dengan kepadatan 74%. Untuk mendapatkan data tanah pasir tersebut perlu dilakukan pengujian sebagai berikut:

- Analisa Saringan
- *Water Content*
- *Spesific Gravity*
- *Direct Shear Test*
- *Sandcone Test*
- *Density Test*

Dalam penelitian ini dilakukan uji pemeriksaan dasar pada tanah, yaitu antara lain:

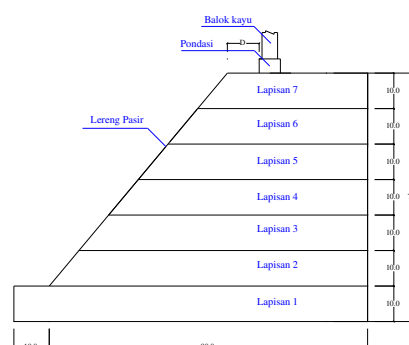
- a. Pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46
- b. Pemeriksaan *specific gravity* butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- c. Kepadatan standart (Compaction) mengikuti ASTM D-698-70
- d. Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) menurut ASTM D-3080-72
- e. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji *sand cone* untuk memperoleh kepadatan model lereng kepadatan 74%.

### **Jumlah dan Perlakuan Benda Uji**

Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan daya dukung dan penurunan pondasi pada lereng tanpa perkuatan dan dengan

perkuatan geotekstil. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat 1 model lereng tanpa perkuatan serta 9 model lereng yang diperkuat dengan geotekstil dengan 3 variasi jumlah lapisan geotekstil dan 3 jarak vertikal lapisan geotekstil.

Lereng dibuat dengan sudut kemiringan 51°. Pondasi menerus diletakkan 9 cm dari ujung lereng. Sementara itu, pada perkuatan geotekstil panjang lipatan ditentukan sebesar 15,4 cm. Pengulangan dilakukan dengan perlakuan yang sama apabila hasil dari pengujian benda uji terdapat penyimpangan. Adapun perlakuan benda uji dijelaskan pada gambar berikut:



**Gambar 4** Model Lereng Percobaan

### **Metode Pengambilan Data**

Setelah tahapan pembuatan pemodelan lereng selesai dikerjakan, selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan variasi jumlah lapisan geotekstil (n) dan jarak antarlapis vertikal geotekstil (Sv). Pengambilan data pada penelitian ini minimal dikerjakan oleh dua orang.

**Tabel 1** Variasi perlakuan pondasi

| Dr 74% (B Pondasi=6 cm, D=9 cm) | Jarak antarlapisan geotekstil |           |            |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|
|                                 | Sv=7,7 cm                     | Sv=9,1 cm | Sv=10,5 cm |
| n=1                             | ✓                             | ✓         | ✓          |
| n=2                             | ✓                             | ✓         | ✓          |
| n=3                             | ✓                             | ✓         | ✓          |

Berdasarkan hasil pengujian pembebanan, diperoleh data beban dan penurunan untuk lereng tanpa perkuatan serta beban dan penurunan

untuk lereng dengan perkuatan geotekstil yang divariasikan jumlah dan jarak antar lapisannya. Daya dukung dihitung dengan rumus berikut:

$$qu = \frac{Pu}{A}$$

Dengan:

$P_u$  : beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

$A$  : luasan pondasi

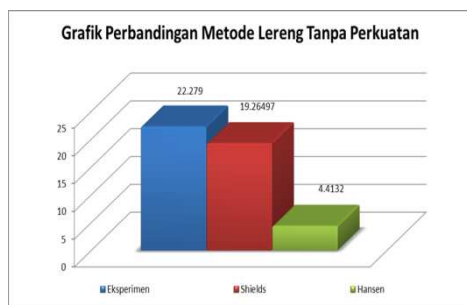
Untuk mengetahui pengaruh penggunaan geotekstil sebagai perkuatan lereng dalam meningkatkan daya dukung dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)*. Nilai *BCI* diperoleh dengan rumus:

$$BCI = \frac{qu \text{ lereng dengan perkuatan}}{qu \text{ lereng tanpa perkuatan}}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Daya Dukung Tanah Pasir dengan Kepadatan 74% untuk Lereng Tanpa Perkuatan

Nilai daya dukung untuk lereng tanpa perkuatan, terdapat beberapa cara pendekatan perhitungan secara analitik yang dapat digunakan yaitu meliputi metode Shields (1990) dan Metode Hansen, selain itu juga digunakan metode eksperimen. Perbandingan grafik ketiga metode tersebut sebagai berikut.



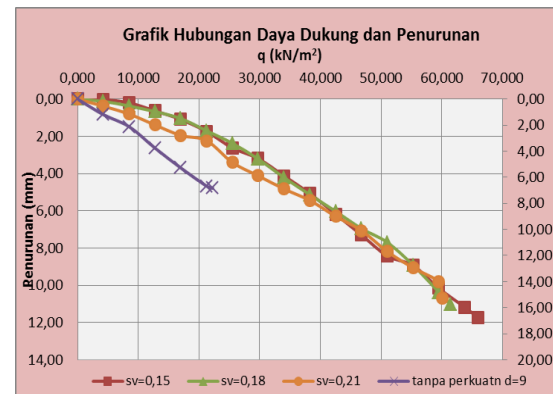
**Gambar 5** Grafik Perbandingan Metode untuk Lereng Tanpa Perkuatan

### Analisis Daya Dukung untuk Lereng dengan Perkuatan dengan Variasi Jumlah Lapisan dan Jarak Antarlapis Vertikal Geotekstil

Analisis daya dukung untuk lereng dengan perkuatan menghasilkan bahwa nilai daya dukung yang paling tinggi sebesar 65,986 kN/m² pada jarak antarlapis vertikal 0,15H dan tiga lapisan geotekstil. Berdasarkan hasil pengujian eksperimen di laboratorium didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 2** Nilai daya dukung dan penurunan lereng dengan tiga lapisan dan Variasi Jarak Antarlapis Vertikal Geotekstil

| Jumlah Lapis (n) | Jarak Antarlapis (Sv) | Penurunan (mm) | s/B (%) | qu (kg/cm²) | qu (kN/m²) |
|------------------|-----------------------|----------------|---------|-------------|------------|
| 3                | 0.15                  | 11.735         | 19.558  | 0.660       | 65.986     |
|                  | 0.18                  | 11.025         | 18.375  | 0.614       | 61.395     |
|                  | 0.21                  | 10.695         | 17.825  | 0.600       | 60.034     |



**Gambar 6** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan tiga lapisan dan Variasi Jarak Antarlapis Vertikal Geotekstil

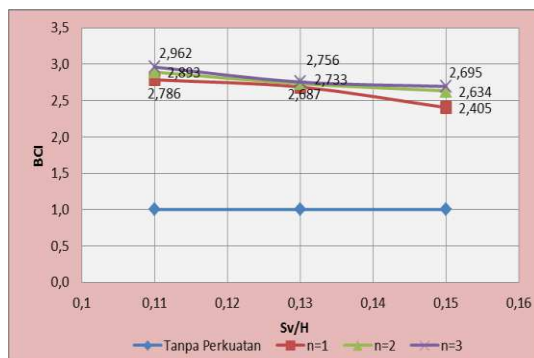
### Analisis *Bearing Capacity Improvement* Berdasarkan Daya Dukung Ultimit ( $BCI_u$ )

Analisis ( $BCI_u$ ) adalah analisis perbandingan antara beban runtuh maksimum saat diberi perkuatan geotekstil dengan beban runtuh maksimum tanpa perkuatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan nilai daya dukung yang terjadi akibat adanya perkuatan geotekstil.

Hasil analisis nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi jumlah lapis dan jarak antarlapis vertikal disajikan pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 3** Nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi jumlah lapis dan jarak antarlapis vertikal geotekstil

| jumlah | sv   | qu<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | qu lereng tanpa perkuatan (kN/m <sup>2</sup> ) | BCI   |
|--------|------|----------------------------|--|-------|
| 1      | 0.15 | 62.075                     | 22.279   | 2.786 |
|        | 0.18 | 59.864                     |  | 2.687 |
|        | 0.21 | 53.571                     |  | 2.405 |
| 2      | 0.15 | 64.456                     | 22.279   | 2.893 |
|        | 0.18 | 60.884                     |  | 2.733 |
|        | 0.21 | 58.673                     |  | 2.634 |
| 3      | 0.15 | 65.986                     | 22.279   | 2.962 |
|        | 0.18 | 61.395                     |  | 2.756 |
|        | 0.21 | 60.034                     |  | 2.695 |



**Gambar 7** Grafik nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi jumlah lapis dan jarak vertikal antarlapis geotekstil

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, diperoleh bahwa variasi jarak antarlapis vertikal geotekstil dapat meningkatkan daya dukung lereng. Hal ini ditunjukkan dengan nilai ( $BCI_u$ ) lebih besar dari 1. Adapun nilai ( $BCI_u$ ) terbesar diperoleh saat  $n=3$  yaitu sebesar 2.695.

### Analisis *Bearing Capacity Improvement* ( $BCI_s$ ) berdasarkan Penurunan (*Settlement*)

Analisis ( $BCI_s$ ) adalah suatu analisis perbandingan antara beban runtuh saat penurunan yang sama antara daya dukung yang diberi perkuatan geotekstil dengan tanpa perkuatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan nilai daya

dukung yang terjadi pada penurunan yang sama akibat adanya perkuatan geotekstil

Hasil analisis nilai  $BCI_{(s)}$  untuk variasi jumlah lapis dan jarak antarlapis vertikal geotekstil saat mencapai nilai penurunan maksimum pada lereng tanpa perkuatan sebesar 4,105 mm ( $s/B = 6,842\%$ ) disajikan pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 4** Nilai  $BCI_{(s)}$  untuk variasi jumlah lapis dan jarak antarlapis

| S/B    | jumlah | sv   | qu<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | qu lereng tanpa perkuatan (kN/m <sup>2</sup> ) | BCI   |
|--------|--------|------|----------------------------|--|-------|
| 6.842% | 1      | 0.11 | 26.147                     | 23.008   | 1.136 |
|        |        | 0.13 | 25.684                     |  | 1.116 |
|        |        | 0.15 | 23.703                     |  | 1.030 |
|        | 2      | 0.11 | 29.840                     | 23.008   | 1.297 |
|        |        | 0.13 | 30.389                     |  | 1.321 |
|        |        | 0.15 | 27.843                     |  | 1.210 |
|        | 3      | 0.11 | 33.849                     | 23.008   | 1.471 |
|        |        | 0.13 | 33.823                     |  | 1.470 |
|        |        | 0.15 | 31.194                     |  | 1.356 |



**Gambar 8** Grafik nilai  $BCI_{(s)}$  untuk variasi jumlah lapis dan jarak antarlapis geotekstil

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, dapat dilihat nilai ( $BCI_s$ ) saat penurunan maksimum lereng tanpa perkuatan yang paling optimum  $s/B = 6.842\%$  diperoleh saat pemasangan  $n=3$  dengan panjang 29.4 cm yaitu sebesar 1.471.

### Pengaruh Jumlah Lapis Dan Jarak Antarlapis Vertikal Geotekstil Terhadap Nilai Daya Dukung

Dari hasil penelitian pemodelan fisik lereng pasir kepadatan 74% dengan variabel tetap jarak pondasi dari tepi lereng sebesar 9 cm ( $d=1.5B$ ) dan panjang 29.4 ( $L=0.59H$ ), dengan variabel bebas yaitu jarak vertikal

antarlapis geotekstil dan jumlah lapis geotekstil, memberikan hasil mengenai variasi jarak vertikal antarlapis geotekstil dan jarak jumlah lapis geotekstil memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap daya dukung. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis BCI yang mengalami peningkatan karena adanya perkuatan geotekstil.

Variasi jarak vertikal antarlapis geotekstil memberikan hasil yaitu semakin kecil jarak vertikal antarlapis geotekstil maka akan semakin meningkatkan daya dukung lereng. Variasi jumlah lapis geotekstil juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai daya dukung, berdasarkan pengujian didapatkan bahwa semakin banyak jumlah lapis perkuatan geotekstil maka semakin besar pula nilai daya dukung yang didapat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan geotekstil sebagai perkuatan lereng dapat meningkatkan nilai daya dukung jika dibandingkan dengan lereng tanpa menggunakan perkuatan, hal ini dibuktikan dari peningkatan nilai  $BCI_{(u)}$ .
2. Semakin rapat jarak vertikal antar lapis geotekstil dan jumlah lapisan geotekstil yang digunakan sebagai perkuatan lereng maka daya dukung pondasi semakin meningkat.
3. Jarak vertikal antarlapis geotekstil untuk memperoleh nilai daya dukung terbesar adalah  $0.15H$  atau  $7.7\text{cm}$ . Sedangkan jumlah lapisan geotekstil terbaik untuk memperoleh nilai daya dukung terbesar adalah 3 lapisan geotekstil.
4. Pada penambahan perkuatan geotekstil dengan variasi jumlah dan jarak antarlapis vertikal geotekstil, penurunan yang terjadi pada beban sama semakin berkurang. Semakin rapat jarak antarlapis vertikal dan jumlah geotekstil yang digunakan pada lereng maka daya dukung akan semakin besar dan penurunan yang terjadi semakin kecil.
5. Reaksi yang terjadi pada lereng akibat penambahan beban secara terus menerus adalah keruntuhan pada badan lereng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M, 1998, *Foundation Engineering*, Fourth Edition, PWS Publishing. New York.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. 2009. *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 3, Perencanaan Geosintetik untuk Perkuatan Lereng*.
- Hardiyatmo, H.C. 1994. *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Munawir, As'ad,dkk. 2013. *Bearing Capacity on Slope Modeling with Composite Bamboo Pile Reinforcement*. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) Volume-2, Issue-5, Juni 2013.